

УДК: 621.8.099.6, 532.135

В. В. Новиков, М. С. Маршалов, Г. А. Ананьева, В. В. Быкова*, Н. В. Усольцева**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИСАДКИ ХОЛЕСТЕРИЧЕСКОГО ТИПА И УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА СВОЙСТВА РЕЖУЩИХ МАСЕЛ

INVESTIGATION OF INFLUENCE OF CHOLESTERIC ADDITIVES AND CARBON NANOTUBES ON PROPERTIES OF CUTTING OILS

Ивановский государственный университет, кафедра теоретической физики

* Ивановский государственный университет, НИИ Наноматериалов
153025 Иваново, ул. Ермака, д. 39. E-mail: nv_usoltseva@mail.ru

Исследовано влияние присадки холестерического типа или углеродных нанотрубок на свойства смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) при сверлении. Применение присадки X-15 в оптимальной концентрации позволяет значительно улучшить их смазочные свойства. Эффект влияния малых концентраций присадок углеродных нанотрубок к СОТС на их смазочную способность не обнаружен.

Ключевые слова: жидкие кристаллы, присадки, режущие масла, сверление.

The influence of cholesteric additives or carbon nanotubes on the properties of lubricants under drilling is studied. The use of the X-15 additive at optimal concentration significantly improves lubricating properties. The effect of low concentrations of carbon nanotube additives on the lubrication ability was not found.

Key word: liquid crystals, additives, cutting oils, drilling.

Известно, что жидкокристаллические соединения холестерина (ЖКСХ) являются эффективными присадками к смазочным маслам за счет своей способности структурироваться в зонах трения твердых тел, образуя несущие слои, разделяющие поверхности трения [1, 2]. Углеродные нанотрубки (УНТ) такой способность структурироваться не обладают, однако имеют высокие прочностные свойства. Целью исследований являлось сравнение свойств присадок ЖКСХ и УНТ в составе смазочных композиций на базе стандартных масел при сверлении.

Эксперимент

В качестве базового масла, в котором растворялись исследуемые присадки было использовано индустриальное масло И-20А, которое является основой производства всех режущих масел. Также для сравнения было взято индустриальное масло И-40 и готовые режущие масла СП-4 (ТУ 0258-100-05744685-96), ГСВ-1 (ТУ 0258-199-05744685-2003), которые широко применяются на производстве. СП-4 используется для материалов нормальной обрабатываемости на следующих операциях: обработка на одно- и многшпиндельных токарных автоматах, фрезерование конструкционных углеродистых и легированных сталей, цветных металлов и сплавов. ГСВ-1 предназначено

для использования в качестве смазочно-охлаждающего технологического средства при резании конструкционных легированных и коррозионно-стойких сталей на операциях глубокого сверления, протягивания, резьбонарезания.

В качестве ЖКСХ-присадки был использован холестерилловый эфир миристиновой кислоты X-15 ($C_{41}H_{72}O_2$) (1). Базовое масло И-20А модифицировалось за счет растворения этой присадки. Исследовались составы с процентным содержанием присадки 0,5; 1; 2 и 3 мас. %. Также для исследования было изготовлено два композита с углеродными нанотрубками (УНТ) в масле И-20А с содержанием 0,03 мас. % и 0,1 мас. %.

Фазовое состояние образцов исследовали при помощи поляризационного микроскопа «Leitz Laborlux 12 Pol», оснащенного нагревательным столиком «Mettler FP 82» и микрофотонасадкой «Wild MPS 51» 24×36 мм².

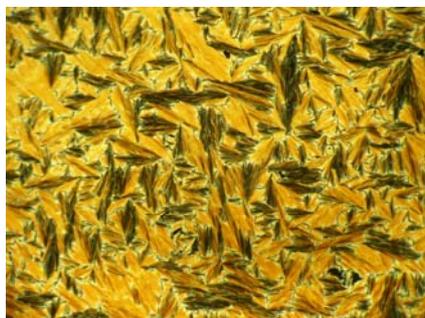
Для исследования эффективности смазочной способности СОТС нами был разработан и сконструирован специальный автоматизированный трибометрический стенд с гравитационной подачей инструмента на базе вертикального сверлильного станка JET JPD-10L, модифицированного однофазным инвертором Omron MX2.

Сравнительные испытания смазочной способности СОТС при сверлении проводили при скоростях резания $v = 21,9$ м/мин (1040 об/мин), и осевой нагрузке $P = 270$ Н. Используемый инструмент – сверла $\varnothing 6,7$ мм из быстрорежущей стали Р6М5. Подача СОТС осуществлялась капельным методом с расходом 1 мл/мин. Обрабатываемый материал – сталь 3 в виде полос $510 \times 12 \times 6$ мм. Каждый опыт проводился не менее пяти раз, производилась статистическая обработка результатов. Погрешность измерений среднего значения момента резания не превышала 5 %.

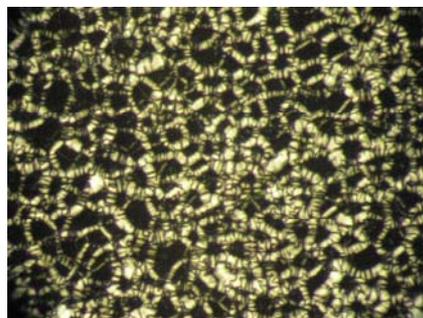
Образцы для исследований закреплялись в держателе на столике динамометра, который позволял определять крутящий момент, возникающий при сверлении. Сигнал с датчиков динамометра поступал через АЦП на ПК и обрабатывался программой PowerGraph 3.0. В качестве показателя процесса сверления, определяющего эффективность СОТС, был средний крутящий момент, возникающий при резании M .

Результаты и обсуждение

Методом оптической поляризационной микроскопии получены данные по мезоморфным свойствам соединения 1. Установлено, что при нагревании данное соединение обладает термотропным мезоморфизмом в температурном интервале $71,9$ °С – $82,1$ °С (рис. 1).



а



б

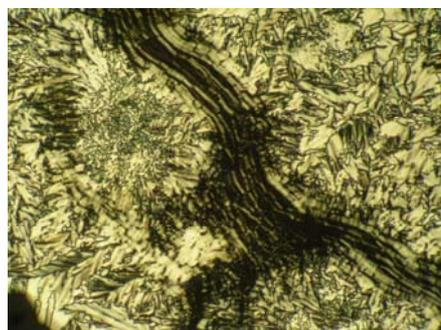
Рис. 1. Микрофотографии текстур соединения 1 при нагреве:

а – веерная текстура, $T = 71,9$ °С; б – текстура миелиновых фигур, $T = 77,4$ °С

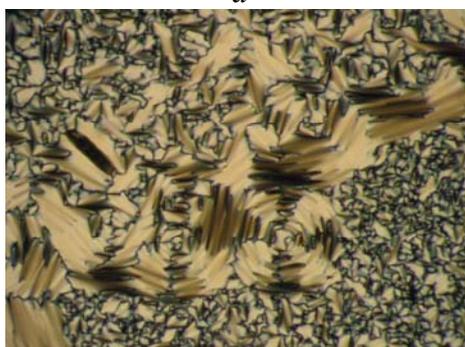
При охлаждении мезофаза существует в интервале температур $80,0\text{ }^{\circ}\text{C} - 42,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 2). При $42,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ вещество кристаллизуется.



а



б



в



z

Рис. 2. Микрофотографии текстур соединения **1** при охлаждении: а – голубая фаза, $T = 80,0\text{ }^{\circ}\text{C}$; б – веерообразная текстура с элементами маслянистых бороздок, $T = 77,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; в – веерообразная текстура, $T = 70,9\text{ }^{\circ}\text{C}$; z – Cr, $T = 42,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Результаты исследований на сверление экспериментальных СОТС различных составов приведены рис. 3 и в таблице.

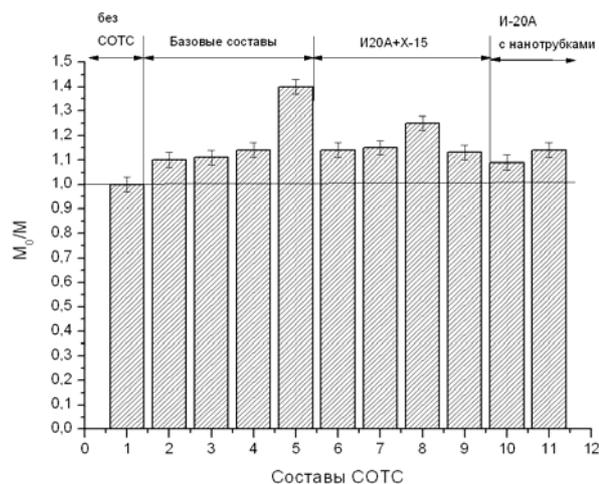


Рис. 3. Относительная эффективность исследуемых СОТС при сверлении

Как видно из представленных результатов, введение присадки X-15 положительно влияет на смазочную способность базовой СОТС, причем зависимость носит экстремальный характер. Максимальное снижение момента резания (до 25 % по сравнению с резанием без СОТС) соответствует концентрации присадки 2 мас. % (состав № 8).

Влияние концентрации присадок в базовых маслах на крутящий момент при сверлении стали 3

№ состава	Вид СОТС	Концентрация присадки ЖКСХ, мас. %	Момент резания, М, Н·м	Относительная эффективность СОТС, М/М ₀
1	Без СОТС	–	1,021	1
Базовые СОТС				
2	И20А	0	0,925	1,10
3	И40	0	0,918	1,11
4	СП-4	0	0,893	1,14
5	ГСВ-1	0	0,73	1,40
СОТС на основе индустриального масла И-20 с присадками ЖКСХ				
6	И20А+Х-15	0,5	0,897	1,14
7	И20А+Х-15	1	0,886	1,15
8	И20А+Х-15	2	0,819	1,25
9	И20А+Х-15	3	0,907	1,13
СОТС на основе индустриального масла И-20 с присадками углеродных нанотрубок				
10	И20А + УНТ	0,03	0,939	1,09
11	И20А + УНТ	0,1	0,898	1,14

Установлено, что введение УНТ в СОТС в малых концентрациях не оказывает существенного влияния на изменение крутящего момента при сверлении. Результат снижения момента для чистого базового масла И-20А составляет 10 %, а для масла с УНТ (состав № 11), — 14 %, т. е. разница значений при погрешности эксперимента в 5 % не является значимой. Тем не менее, возможно при более высоком содержании УНТ в смазке эффект их положительного влияния будет более выражен.

Итак, применение в составе СОТС присадки X-15 в оптимальной концентрации позволяет значимо улучшить их смазочные свойства. Эффект от использования малых концентраций присадок УНТ к СОТС не обнаружен.

Список использованной литературы

1. Ермаков С. Ф., Родненков В. Г., Белоенко Е. Д., Купчинов Б. И. Жидкие кристаллы в технике и медицине. Мн. : ООО «Асар»; М. : ООО «ЧеРо», 2002. 412 с.
2. Колбашов М. А., Латышев В. Н., Новиков В. В., Сырбу С. А. // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2009. Вып. 1. С. 78 – 84.

Поступила в редакцию 16.09.2011 г.